

# Разработка и исследование метода получения компьютерно-синтезированных голограмм Фурье для формирования скрытых изображений в защитных голограммах

П.А. Ханевич<sup>1</sup>, С.Б. Одиноков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2-я Бауманская 5, стр. 1, Москва, Россия, 105005

**Аннотация.** Разработан метод кодирования информации для скрытых кодированных изображений, восстанавливаемых с защитных голограмм Фурье. Предложен метод компьютерного синтеза защитных голограмм Фурье, формирующих скрытые изображения. Разработана оптическая система, восстанавливающая скрытые кодированные изображения с защитных голограмм Фурье. Приведены результаты экспериментальных исследований параметров синтеза на дифракционную эффективность защитных голограмм Фурье.

## 1. Введение

На сегодняшний день широкое распространение получила защита документов и продукции от фальсификации и подделки с помощью защитных голограмм (ЗГ). В частности, защитными голограммами маркируется алкогольная продукция, денежные знаки, паспорта и др. Массовый выпуск и значимость ЗГ приводит к тому, что среди них тоже появляются подделки. Наиболее перспективным способом для контроля подлинности ЗГ является использование скрытых изображений. Скрытые изображения, восстанавливаемые с защитных голограмм Фурье могут представлять собой микро и нанотексты, микроизображения. Такие скрытые изображения требуют трудоемких и длительных алгоритмов распознавания, не являются кодированными и не обеспечивают надежную скрытность информации ЗГ.

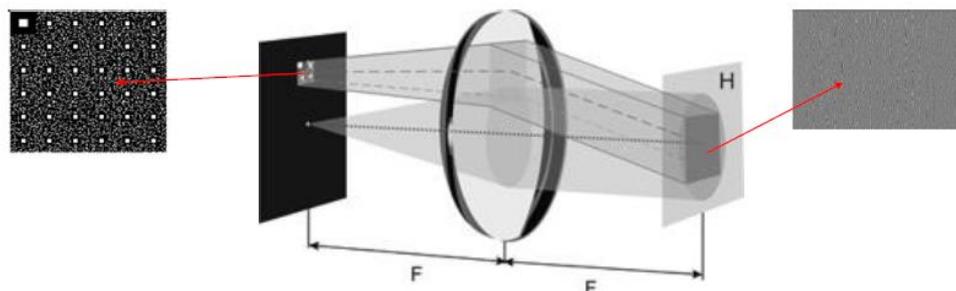
Для повышения степени защищенности информации на ЗГ предлагается использовать дополнительные субголограммы, в которых записаны скрытые кодированные изображения в виде текстов, страницы данных [1,2].

## 2. Метод компьютерного синтеза защитных голограмм Фурье

На рисунке 1 представлена оптическая схема синтеза защитной голограммы Фурье.

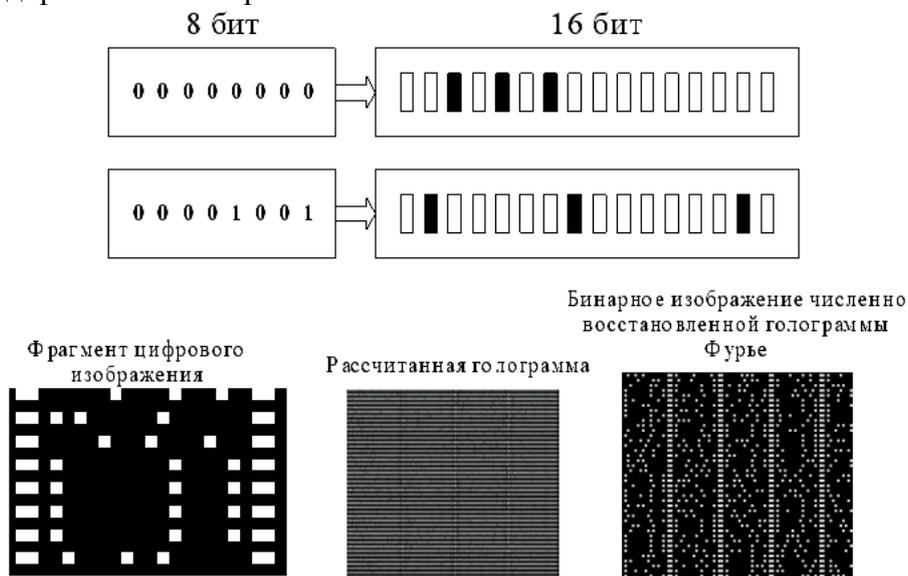
В представленной схеме опорный и предметный лучи формируются в одной плоскости являющейся передней фокальной плоскостью Фурье преобразующего объектива с фокусным расстоянием  $F$  при помощи транспаранта. Пусть транспарант освещается плоской световой волной единичной амплитуды и длиной волны  $\lambda$ . Тогда излучение от точечного источника преобразуется в плоскую волну — опорный пучок, распространяющийся вдоль оптической оси системы, а часть падающей волны, рассеянной транспарантом страницы

данных, после прохождения линзы падает на плоскость Н под углом, формируя предметный луч.



**Рисунок 1.** Оптическая схема синтеза защитной голограммы Фурье.

На рисунке 2 представлен специальный стандарт кодирования цифровой информации для скрытых кодированных изображений



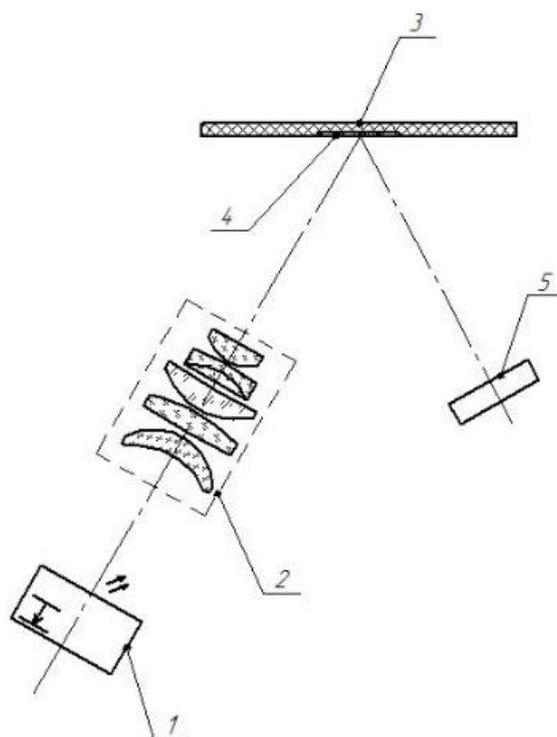
**Рисунок 2.** Специальный стандарт кодирования цифровой информации для скрытых кодированных изображений.

В предложенном специальном стандарте, цифровая информация представлена в виде одного блока из 16 бит, представляющий 1 байт информации. Каждый байт кодируется положением 3 пикселей «1» таким образом, что «1» разделены минимум одним «0», а также «1» не могут занимать крайнее левое и правое положение блока символов. При численном восстановлении голограммы Фурье, дифракционная эффективность защитной голограммы возрастает до 20%, что приводит к увеличению яркости, а соответственно значительно упрощает процесс считывания цифровой информации. Вероятность битовой ошибки при восстановлении защитной голограммы Фурье, составила  $10^{-4}$  [3,4].

### 3. Восстановление скрытых кодированных изображений с защитных голограмм Фурье.

Для восстановления компьютерно-синтезированной защитной голограммы Фурье разработана оптическая система, представленная на рисунке 3.

На представленной оптической схеме защитная голограмма Фурье располагается в передней фокальной плоскости Фурье преобразующего объектива и освещается плоской когерентной волной. Затем Фурье преобразующий объектив в плоскости матричного фотоприемника восстанавливает изображение цифровой информации в виде сопряженных «1» и «-1» и «0» порядков.



1 – источник излучения, 2 – объектив, 3 – голографический носитель, 4 – защитная голограмма Фурье, 5 – КМОП-камера

**Рисунок 3.** Оптическая система восстановления защитной голограммы Фурье.

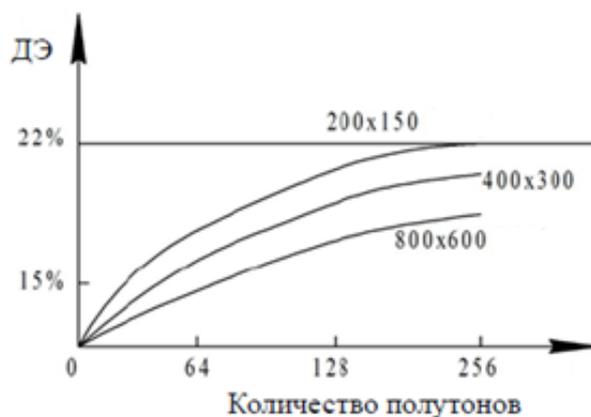
Фрагмент восстановленного изображения с защитной голограммы Фурье при помощи разработанной оптической системы показан на рисунке 4.



**Рисунок 4.** Фрагмент восстановленного изображения с защитной голограммы Фурье.

#### 4. Исследование параметров синтеза на дифракционную эффективность защитных голограмм Фурье

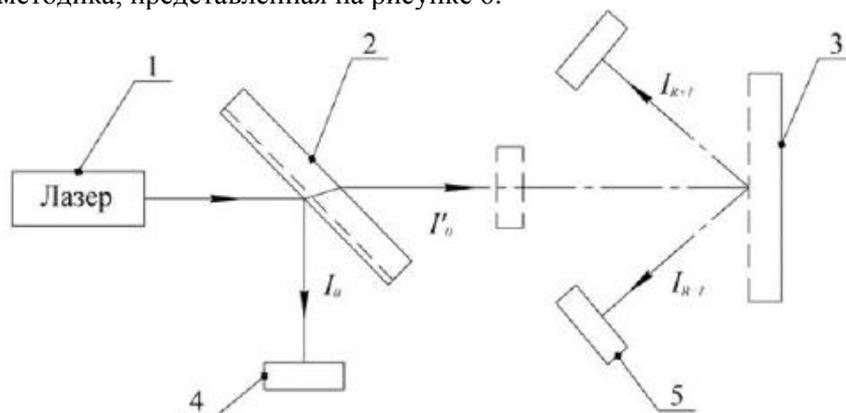
Экспериментально были записаны информационные объекты размером 200x150 пкс, 400x300 пкс, 800x600 пкс. На рисунке 5 представлен график влияния размера информационного объекта на дифракционную эффективность.



**Рисунок 5.** График влияния размера информационного объекта на дифракционную эффективность.

Как видно из графика, представленного на рисунке 5, чем больше информации записано на объекте, тем меньше дифракционная эффективность защитной голограммы.

Для измерения дифракционной эффективности защитной голограммы Фурье, была использована методика, представленная на рисунке 6.



1 – источник излучения; 2 – полупрозрачная пластина; 3 – исследуемый образец защитной голограммы; 4,5 – фотоприёмные головки

**Рисунок 6.** Методика измерения дифракционной эффективности защитной голограммы Фурье.

Излучение источника 1, пройдя через полупрозрачную пластину 2, освещает защитную голограмму 3, дифрагирует на ней и попадает на матрицу фотоприёмной головки 5. Фотоприёмная головка 4 измеряет начальную интенсивность излучения, а фотоприёмная головка 5 измеряет продиффрактовавшее излучение.

Дифракционная эффективность определялась по формуле:

$$\eta_{R+li} = \frac{I_{R+li}}{kI_0}, \quad (1)$$

где  $\eta_{R+li}$  – дифракционная эффективность,  $k$  – коэффициент пропускания полупрозрачной пластины, и  $I_{R+li}$  – интенсивность излучения продиффрактовавшего от защитной голограммы,  $I_0$  – начальная интенсивность излучения.

## 5. Заключение

Экспериментальные исследования показали, что при численном восстановлении оптической системой изображения с защитной голограммы Фурье, дифракционная эффективность

увеличилась до 20%. Это связано с использованием метода компьютерного синтеза защитных голограмм Фурье. Увеличившаяся яркость восстановленного изображения значительно упрощает процесс декодирования цифровой информации защитной голограммы.

## 6. Литература

- [1] Lancaster, I.M. Holography: Past, present and future // *Holography News*. – 2009. – Vol. 23(6). – P. 1-10.
- [2] Павлов, И.В. Контроль подлинности документов, ценных бумаг и денежных знаков / И.В. Павлов, А.И. Потапов. – М.: Техносфера, 2006. – 472 с.
- [3] Odinson, S.B. Comparative Analysis of Optical Arrangements Intended for Recording of Holograms with Optically Encoded and Concealed Images / S.B. Odinson, M.V. Sherbinin // *Optical Memory & Neural Networks (Information Optics)*. – 2008. – Vol. 17(4). – P. 263-270.
- [4] Odinson, S.B. Access Control Holographic System Based on Joint Transform Correlator and Image Encoding // *Optical Memory & Neural Networks (Information Optics)*. – 2008. – Vol. 3. – P. 220-231.

# Development and research of the method of obtaining computer-synthesized Fourier holograms for the formation of hidden images in security holograms

P.A. Khanevich<sup>1</sup>, S.B. Odinson<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bauman Moscow State Technical University, 2-nd Baumanskaya street 5, Moscow, Russia, 105005

**Abstract.** A method for encoding information for coded images recovered from Fourier holograms has been developed. A method for computer-aided synthesis of Fourier security holograms forming latent images is proposed. An optical system has been developed that restores hidden coded images from Fourier security holograms. The results of experimental studies of the parameters of the synthesis on the diffraction efficiency of protective Fourier holograms are presented.